Дәріс 10.
Сұйық отындардың жану ерекшеліктері

Дәріскер: х.ғ.к., доцент

Кудьярова Ж.Б.

- **Дәрістің мақсаты:** білім алушыларды сұйық отындардың жану ерекшеліктерімен таныстыру, отын тамшысының жану механизмін талдау.
- Дәрісте сұйықтықтардың түрлері, сұйықтықтар тұтануының төменгі және жоғары шектері, булану жылдамдығы, отын тамшысының жану механизмі қарастырылады.

- Сұйықтықтардың жануының өзіне тән ерекшеліктері бар. Бұл үдеріс өте маңызды, өйткені ол сұйық немесе қатты отын пайдаланылған жерлерде жүзеге асырылады.
- Гетерогенді жүйелер жануының екі әдісі бар – жарқыл және тұтану. Үдерістің өтуі отынның булану жылдамдығының ($W_б$) және оның жану жылдамдығының ($W_ж$) қатынасына байланысты.
- Егер $W_б < W_ж$ шарты орындалса, онда үдеріс жарқыл түрінде жалғасады. Жарқыл – тұрақсыз, тез аяқталатын жану үдерісі.
- Тұрақты тұтану көзі болған жағдайда (мысалы, қыздырылған дене) кезеңді түрде отынның буланатын бөлігі жанып тұрады және үдеріс тоқтатылады.
- Газды фазадағы отын концентрациясы қайтадан жанудың төменгі шегіне жеткенде жарқыл қайтадан пайда болады. Бұл үдерістің шектеуші сатысы сұйықтықтың булануы болып табылады. Үдеріс диффузиялық аймақта өтеді. Жарқыл әдетте сұйықтардың төмен температурада жануымен бірге жүреді, бұл кезде булану жылдамдығы төмен.
- Температура жоғарылаған сайын жарқылдау жиілігі артады және белгілі бір температураға (жану температурасы) жеткенде жану үдерісі тұрақты болады. Сұйық гетерогенді жүйелердің мұндай жану үдерісі тұтану деп аталады. Ол үшін $W_б \geq W_ж$ шарты сақталуы керек.

- Сұйықтықтардың жануы үшін де тұтану шектері болады, бірақ олар температурамен көрсетіледі.
- Тұтанудың төменгі шегіне тең болатын, сұйықтық бетінің үстінде қаныққан бу концентрациясы пайда болатын сұйықтық температурасы төмен температуралық тұтану шегі (ТТТШ) деп аталады.
- Тұтанудың жоғарғы шегіне тең болатын, сұйықтық бетінің үстінде қаныққан бу концентрациясы пайда болатын сұйықтық температурасы жоғарғы температуралық тұтану шегі (ЖТТШ) деп аталады.
- Мысалы, ацетон үшін ТТТШ - 20 °С, ал ЖТТШ +6 °С.
- Температуралық шектер сұйық-бу тепе-теңдігіне қол жеткізілетін жағдайларда анықталады, сондықтан олар термодинамикалық параметрлер болып табылады.
- Температуралық тұтану шектері сұйықтықтар мен технологиялық үдерістердің өрт қаупін бағалау үшін, сондай-ақ технологиялық аппараттардың қауіпсіз жұмыс режимдерін және сұйықтар мен ұшқыш қатты заттары бар сақтау резервуарларының өрт қаупін есептеу кезінде қолданылады.
- Жарқыл температурасы – бұл сұйық бетінің үстінде тұтану көзінен ауада жарқ етуге қабілетті бу пайда болатын ең төменгі температура, бірақ бу түзілу жылдамдығы тұрақты жану үшін жеткіліксіз болады. ТТТШ-нен айырмашылығы, жарқыл температурасы кинетикалық параметр болып табылады, өйткені ол булану жылдамдығын сипаттайды.
- Жануға қабілетті сұйықтықтар тез тұтанғыш (ТТС) және жанғыш (ЖС) сұйықтықтар болып бөлінеді. Жарқыл температурасы жабық тигелде 61°С-ден жоғары емес немесе ашық тигельде 66°С болатын сұйықтықтар тез тұтанғыш сұйықтықтар болып табылады. Жанғыш сұйықтықтар – жарқыл температурасы осы мәндерден жоғары болатын сұйықтықтар.

- Халықаралық ұсыныстарға сәйкес тез тұтанғыш сұйықтықтар үш санатқа бөлінеді:
- 1-ші разряд - ерекше қауіпті ТТС. Оларға жарқыл температурасы жабық тигельде 18 °С және одан төмен, ашық тигельде 13 °С және одан төмен болатын сұйықтықтар кіреді;
- 2-ші разряд – тұрақты қауіпті ТТС. Оларға жарқыл температурасы жабық тигельде 18°С-ден 23°С-ге дейінгі немесе ашық тигельде 13 және 27°С аралығында және одан төмен болатын сұйықтықтар кіреді;
- 3-ші разряд –жоғары ауа температурасында қауіпті ТТС. Оларға жарқыл температурасы жабық тигельде 23°С-ден 61°С-ге дейінгі немесе ашық тигельде 27 және 66°С аралығында болатын сұйықтықтар кіреді.
- Жарқыл температурасына байланысты сұйықтықтарды әртүрлі мақсаттарда сақтау, тасымалдау және пайдаланудың қауіпсіз әдістері белгіленеді.
- Бір гомологтық қатардағы қосылыстар үшін жарқыл температурасы молярлық массаның ұлғаюымен артады (1-кесте).

1-кесте. **Химиялық қосылыстың молярлық массасына тәуелді спирттердің жарқыл температуралары**

Спирттер	Молярлық масса, г/моль	Температура, °С	
		қайнау	жарқылдау
Метил CH_3OH	32	65	8
Этил C_2H_5OH	46	78	13
Пропил C_3H_7OH	60	98	23
Бутил C_4H_9OH	74	117	34
Амил $C_5H_{11}OH$	88	138	40

ТТС үшін тұтану температурасы жарқыл температурасынан 1-3 °С, ЖС үшін – 30-35 °С шамасына өзгеше болады.

Сұйықтық бетінің үстінде бу-ауа қоспасы болады, ол сұйықтық буынан және ауа молекулаларынан тұрады. Булардың концентрациясы сұйықтық температурасынан айтарлықтай тәуелді болып келетін қаныққан булардың қысымымен сипатталады. Бұл тәуелділік Клайперон-Клаузиус теңдеуімен өрнектеледі:

$$\frac{dlnP_{\text{қан.}}}{dT} = \frac{H_{\text{бул.}}}{RT^2} \quad (1)$$

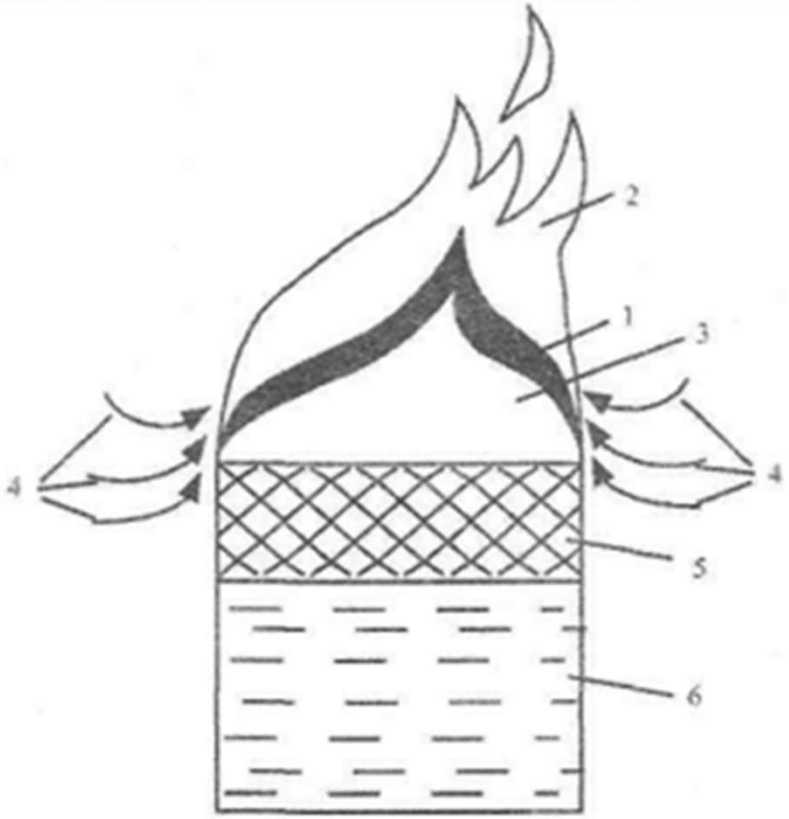
мұндағы: $P_{\text{қан.}}$ – Т температурадағы сұйықтықтың қаныққан буларының қысымы; $\Delta H_{\text{бул.}}$ – булану жылуы.

(1) теңдеуден қаныққан булардың қысымы, сәйкесінше олардың концентрациясы сұйықтық температурасының өсуімен экспоненциалды түрде өседі. Демек, сұйықтық бетінің үстінде белгілі бір температураға жеткенде жалын таралуының төменгі концентрациялық шегіне тең болатын бу концентрациясы пайда болады. Осы буларды сыртқы көз әсерінен тұтандырған кезде жарқыл пайда болады, яғни айтарлықтай жылу мөлшерін бөліп, түзілген бу-ауа қоспасының жануы орын алады.

Осы жылудың бір бөлігі жанғыш сұйықтықтың қосымша буланууына жұмсалады, осылайша жану жалыннан берілетін жылудың әсерінен жанғыштың үздіксіз булану үдерісі арқылы жүзеге асады.

Ортаның бастапқы температурасымен салыстырғанда жалынның температурасы жоғары болатындықтан, алғашқы жарқылдан кейін булану жылдамдығы өсіп, пайда болған жалын өздігінен жануды қолдайды.

- Бу-ауа қоспасының тұрақты түрде жануы бір-бірімен өзара байланысты екі үдеріспен анықталады: жанғыш сұйықтықтың жану аймағында бөлінетін жылу есебінен булануы және жану аймағына түсетін будың жануы. Осы үдерістердің жылдамдықтары орныққан режим жағдайында теңдей болуы керек.
- Тәжірибелік маңызды жағдайларда түзілген булардың жануы, жану аймағына түсіп, ауамен араласқан соң бірден өтеді. Сондықтан, жанып біту жылдамдығы анағұрлым баяу үдеріс ретіндегі булану жылдамдығымен анықталады.
- Осылайша, сұйықтықтың жануы сұйықтықтың булану жылдамдығымен реттелетін, оның буларының жануының химиялық үдерісі болып табылады. Ол сұйықтыққа жылудың берілу жағдайы мен мөлшерінен, яғни жалын мен сұйықтық беті арасындағы жылу алмасу шарттарынан тәуелді.
- Резервуардағы сұйықтықтың жану механизмін қарастырайық. Будың концентрациясы жеткілікті болғанда және оны жаққанда сұйықтық бетінің үстінде жалын пайда болады, ал сұйықтықтың деңгейі төмендей бастайды. Жану пайда болғаннан кейін тез арада тұрақты жанып біту жылдамдығымен сипатталатын стационарлық режим орнайды. Сұйықтықтың бос беттен жануы келесі суретте көрсетілген (1-сурет).
- Жанғыш сұйықтықтың булары және ауаның диффузиялық араласуы нәтижесінде жалын алауындағы жану үдерісі өтеді. Сұйықтықтың беті қайнау температурасына дейін қызады. Жанып біту үдерісінде сұйықтық тереңдікке қарай қызады.
- Диффузиялық жану үдерісінде сұйықтыққа жылудың келуі жалын алауынан сәулелену арқылы жылу берілумен жүзеге асады.
- Жанып біту жылдамдығы сұйықтықтың булану жылуының шамасымен және жалын алауынан сұйықтық бетіне берілген жылу мөлшерімен анықталады.



1 – жану аймағы; 2 – жанып біту аймағы; 3 – сұйықтық булары; 4 – ауаның конвективті ағыны; 5 – сұйықтықтың қызу аймағы; 6 – резервуардағы сұйықтық

7-сурет. Сұйықтықтың диффузиялық жануының сызбанұсқасы

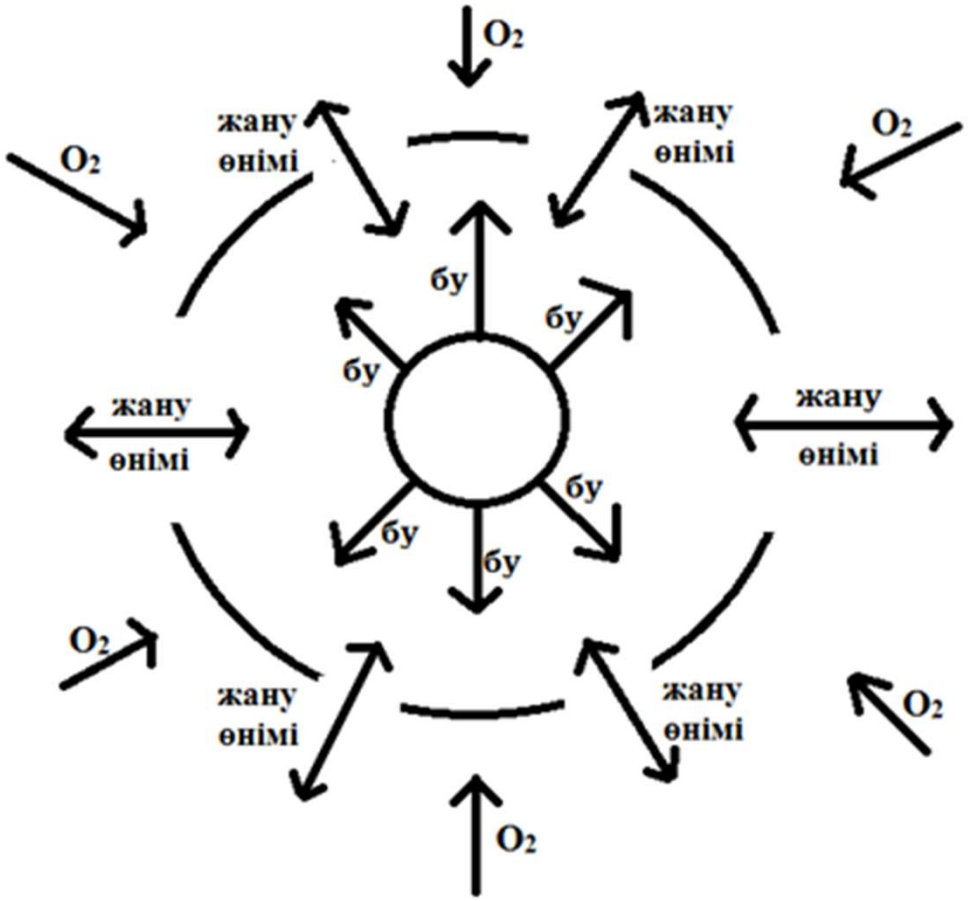
Сұйық отындардың жануы бу фазасында жүретінін ескере отырып, сұйық отын тамшысының жану үдерісін келесі түрде ұсынуға болады.

Сұйық отынның тамшысы осы жанғыштың буымен қаныққан атмосферамен қоршалған. Тамшыға жақын сфералық бетінің диаметрі бойынша жану аймағы орнатылады. Сұйық отынның буымен тотықтырғыштың химиялық әсерлесуі өте тез жүреді, сондықтан жану аймағы өте жіңішке. Жану жылдамдығы ең баяу сатымен – жанғыштың булану жылдамдығымен анықталады.

Тамшы мен жану аймағы арасындағы кеңістікте сұйық отынның буы мен жану өнімдері орналасқан. Жану аймағынан тыс кеңістікте ауа мен жану өнімдері болады.

Жану аймағына іштен отынның булары, ал сырттан оттегі диффузияланады. Мұнда қоспаның бұл компоненттері химиялық реакцияға түседі, ол жылу шығарумен бірге жүреді. Жылу жану аймағынан сыртқа және тамшыға ауысады, ал жану өнімдері қоршаған кеңістікке және жану аймағы мен тамшы арасындағы кеңістікке диффузияланады (2-сурет).

Тамшының жанып бітуіне қарай бетінің азаюына байланысты жалпы булану азаяды, жану аймағы тарылады және тамшы толықтай жанып кеткенде жойылады.



8-сурет. Сұйық отын тамшысының жану сызбанұсқасы

Бақылау сұрақтары:

- Сұйықтықтардың жану ерекшеліктерін сипаттаңыз.
- Сұйық отындардың жану механизмін талдаңыз.
- Сұйық отын тамшысының жану сызбанұсқасын талдаңыз.
- Сұйық отын тамшысының жану жылдамдығын сипаттаңыз.

Әдебиеттер:

- Королев, В.Н. Теория горения и взрыва : учебно-методическое пособие / В.Н. Королев ; М-во науки и высш. обр. РФ.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021. -76 с.
- Ведрученко В.Р., Крайнов В.В., Гаак В.К. Топливо и основы теории горения. Изд-во: Инфра-Инженерия, 2024. – 220 с.
- Ермолин Н.Е., Фомин В.М. Горение газофазных и конденсированных систем. Методы расчета. Структура пламен. Изд-во: Физматлит, 2022. – 520 с.
- Кудьярова Ж.Б. Конденсирленген жүйелердің жануы. – Алматы: Қазақ университеті, 2026. – 296 б.